

高等学校试用教材

大学物理教程

邢月绪
孙秀香
荣 玮

主编

山东大学出版社

大学物理教程

主 编 邢月绪 孙秀香 荣 玮

副主编 单新一 孙 慷 戴昌鼎

江苏工业学院图书馆

主 审

章威廉
藏书章

山 东 大 学 出 版 社

1992

鲁新登字 09 号

大学物理教程

邢月绪 孙秀香 荣玮 主编

山东大学出版社出版发行

邹平县印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 19.25 印张 500 千字

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—8000

ISBN 7-5607-0788-2 / N · 19

定价: 8.90 元

前 言

本书是根据国家教委 1991 年颁发的“高等学校工程专科物理教学基本要求”编写的大学物理教材。鉴于工程专业的多科性，我们力求作到使教材内容具有较大的覆盖面。凡教学计划为 70~120 学时的专业，均可选用本教材。在教学中，不同专业可根据需要对内容和学时进行合理的选择和分配。本书可作为专科工程专业、理科专业、某些本科工程专业、非物理科专业、农林医专业、电视大学、职业大学、函授大学等大学物理的教材或教学参考书。

在教材编写过程中，我们始终贯彻“以应用为目的，以必需够用为度”的原则，不仅注重了本学科的系统性，而且注意了理论联系实际，强化应用。对力学、热学、电磁学等重要经典基础部分，在叙述上力求严密、详尽，以培养学生具有严谨的科学态度，为了适应现代科学迅速发展的形势，在教材的有关章节中，

我们增加了某些生产技术和高科技领域的有关物理应用的内容。此外,根据“基本要求”,在力学中我们增加了“流体力学”一章,在近代物理中增加了有关“新技术”的内容,以备在教学中选用或参考。为了便于学习,各章中安排了适量的例题,章末配有思考题和习题。为了激励广大青年学生为祖国奋发学习的积极性,我们收集了部分著名的物理学家的主要生平事迹,编入某些章末的“科学家简介”中。

参加本书编写的学校有:山东工程学院、江苏化工学院、山东建材学院、武汉冶金建筑专科学校、山东建材学院分院、济南市职工大学、胜利油田职工大学、山东铝厂职工大学、济南大学、青岛市职工工业余大学、齐鲁石化职工大学。

由于编写时间仓促,书中难免有不妥之处,恳请批评指正。

编 者

1992年4月于淄博

目 录

第一章 质点运动学	1
第一节 质点 参照系 位移	1
第二节 速度 加速度	6
第三节 直线运动	12
第四节 曲线运动	17
思考题	25
习题	26
第二章 牛顿运动定律	30
第一节 牛顿第一定律	30
第二节 牛顿第二定律	32
第三节 牛顿第三定律	34
第四节 物体的受力分析	36
第五节 牛顿运动定律的应用	40
思考题	44
习题	46
第三章 功和能	51
第一节 功 功率	51
第二节 保守力的功 势能	59
第三节 动能 动能定理	65
第四节 质点系的功能原理 机械能转换和守恒定律 ...	71

第五节 能量转换和守恒定律	76
思考题	78
习题	80
第四章 动量和动量守恒定律	85
第一节 动量和动量原理	85
第二节 动量守恒定律	93
第三节 完全弹性碰撞和完全非弹性碰撞	97
思考题	102
习题	104
第五章 刚体的转动	108
第一节 刚体运动学	108
第二节 转动定律 转动惯量	114
第三节 力矩的功 刚体转动的动能定理	122
第四节 动量矩 动量矩守恒定律	127
思考题	135
习题	137
第六章 流体力学	141
第一节 流体力学的基本概念 流体静力学	142
第二节 理想流体的流动 连续性方程	148
第三节 伯努利方程及其应用	151
第四节 粘滞性流体的流动	158
思考题	165
习题	165
科学家简介	169
第七章 气体分子运动论	171

第一节	平衡态 理想气体状态方程	172
第二节	理想气体的压强和温度	176
第三节	气体分子的速率分布律	181
第四节	能量均分定理	186
第五节	分子碰撞和平均自由程	190
第六节	真实气体	192
思考题	.....	197
习题	.....	199
第八章	热力学的物理基础	201
第一节	内能、功和热量	201
第二节	热力学第一定律	202
第三节	理想气体的等值过程和绝热过程	204
第四节	循环过程 热机效率	214
第五节	热力学第二定律	219
第六节	热传导	220
思考题	.....	222
习题	.....	225
科学家简介	.....	228
第九章	静电场	231
第一节	电荷 库仑定律	232
第二节	电场强度	236
第三节	电力线 电通量	243
第四节	高斯定理及其应用	248
第五节	静电场力的功 电势	253
第六节	电场强度与电势的关系	261
第七节	静电场中的导体	264

第八节	电容器	268
第九节	静电场中的电介质	272
第十节	电介质中的高斯定理 电位移矢量	276
第十一节	电场的能量	282
第十二节	晶体的电介特性及应用静电的应用与防治 ..	285
思考题	.....	291
习题	.....	294
第十章	稳恒电流	300
第一节	电源 电动势	300
第二节	稳恒电流的基本定律	304
第三节	基尔霍夫定律	310
思考题	.....	315
习题	.....	317
第十一章	稳恒电流的磁场	320
第一节	基本磁现象 磁场	320
第二节	毕奥——沙伐尔定律	326
第三节	磁场的高斯定理	332
第四节	安培环路定理	335
第五节	磁场对电流的作用力	344
第六节	带电粒子在电场和磁场中的运动	355
第七节	磁介质	359
思考题	.....	367
习题	.....	370
第十二章	电磁感应	377
第一节	法拉第电磁感应定律	377

第二节	动生电动势与感生电动势	382
第三节	自感和互感	395
第四节	磁场的能量	401
第五节	位移电流 电磁场基本方程的积分形式	405
思考题	.....	410
习题	.....	413
科学家简介	.....	418

第十三章 机械振动与机械波

第一节	谐振动	422
第二节	谐振动的合成	437
第三节	机械波的产生 一维简谐行波	441
第四节	波的衍射和干涉	452
第五节	声波与超声波	463
思考题	.....	479
习题	.....	481

第十四章 波动光学

第一节	光的干涉	487
第二节	杨氏双缝实验	489
第三节	光程 薄膜干涉	492
第四节	光的衍射	504
第五节	单缝衍射	506
第六节	衍射光栅	510
第七节	自然光与偏振光	515
第八节	起偏与检偏	517
第九节	双折射现象	521
思考题	.....	523

习题	527
第十五章 近代物理与新技术	531
第一节 狭义相对论的概念	531
第二节 量子理论简介	536
第三节 激光的产生、特性及应用	546
第四节 等离子体特性及应用	556
第五节 传感器技术简介	565
思考题	577
习题	578
科学家简介	580
附录	588

第一章 质点运动学

自然界的一切物质都在不停地运动着。物质的运动形式是多种多样的。物理学是研究物质运动中最普遍、最基本运动形式的一门学科，它包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子内部微观粒子的运动等。

机械运动是最简单、最常见的运动形式。它是指物体与物体之间或一个物体的某些部分相对于其它部分之间的位置的变化。如行星的运行、车船的行驶、弹簧及其它弹性体的振动等，都是机械运动，简称为运动。

任何物体的机械运动都遵循一定的客观规律。力学的研究对象就是机械运动的客观规律及其应用。

力学的内容包括运动学和动力学。运动学只研究物体在运动过程中位置随时间的变化规律，不涉及引起变化的原因。至于物体之间的相互作用对物体运动的影响，则是属于动力学研究的范围。

本章主要介绍描述机械运动的方法和几种简单的质点运动，重点讨论速度和加速度的概念。

第一节 质点 参照系 位移

一、质点

一般说来，具有一定形状和大小的物体运动时，其内部各点

的位置变化是各不相同的，要进行精确的描述既非易事，在某些问题中，也无必要。当物体的线度和形状在所研究的问题中不起作用或所起的作用可以忽略不计时，就可以把物体看作是仅具有质量而没有大小和形状的理想物体，称为质点。当研究汽车在公路上所通过的路程时，由于车身作平动，车身上各点的运动状况均可视为相同，因而可把汽车看成质点。当研究地球绕太阳运转时，虽然由于自转，地球上各点的运动状况均不相同，但由于地球直径与地球和太阳的距离相比微乎其微，可以忽略，也可把地球视为质点。一个物体可否视为质点不是绝对的，而是取决于所研究问题的性质。上面，我们把地球和汽车看成质点，但在研究地球绕轴自转或研究汽车内部零件运动时，就不能再把它们看做质点了。

质点是一个理想模型。把物体视为质点这种抽象的研究方法，在理论和实践上都有重要意义。当我们所研究的物体不能视为质点时，则可以把整个物体看做是由许多质点组成的，分析这些质点的运动，就可以弄清整个物体的运动。所以，研究质点的运动是研究物体运动的基础。在本书中，除刚体和流体两章外，有关力学的内容，都是把物体当做质点处理的。

二、参照系

一幢楼，人站在地上看，它是静止的；坐在运动的车里看，它却是运动的。这幢楼到底是静止还是运动的呢？这并不能一概而论。总的说来，运动是绝对的，静止是相对的。但物体如何运动以及是否静止，则必须选择另一个其它物体作为参考才能做出判断。这个被选作参考的物体叫做参照系。上例中，说楼静止是以地做参照系，说楼运动是以运动的车为参照系，这两个结论都是正确的。

由此可知，在不同的参照系观察同一物体的运动，所得的结

论并不相同。这种性质，称为运动描述的相对性。因此，提到一个物体的运动状态，必须明确这是对哪一个参照系而言的。所以，要研究任何物体的运动，首先要选取参照系。在实际问题中，选择哪个物体做参照系，主要取决于问题的性质、研究问题的需要和方便。

三、质点的运动方程 位置矢量

研究质点的运动，在选定参照系之后，必须定量地描写质点的位置及其如何随时间而变化。为此，我们常将一个坐标系固定在参照系上。于是，质点任意时刻的位置均可用坐标来表示。通常多采用直角坐标系，有时也可用极坐标或其它坐标系。

当质点在平面内运动时，采用直角坐标系，其坐标 x 、 y 都是时间的函数，

$$x = x(t); \quad y = y(t)$$

上式叫做质点的运动方程。知道了质点的运动方程，也就知道了质点的运动规律。

质点的位置及运动方程还可以用位置矢量更简洁、更形象地表示出来。

在图 1-1 中，从坐标原点 O 向质点 P 引一条有方向的线段 r ，即图中的 OP ，矢量 r 叫做位置矢量，也叫矢径。 r 端点 P 就是质点所在位置，它在 X 、 Y 两轴上的投影 x 、 y ，既是质点的坐标，也是 r 在两轴上的两个分量。

位置矢量 r 的大小为

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

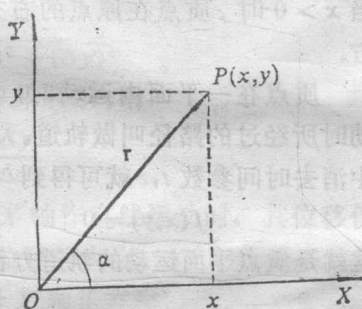


图 1-1

位置矢量 $\mathbf{r}$ 的方向由它与 X 轴正向之间的夹角 α 确定,即

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x} \quad \text{或} \quad \cos \alpha = \frac{x}{r}$$

质点的运动方程用矢量式表示时,可写成

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-1a)$$

这说明质点的位置矢量是时间 t 的函数,上式也概括了 $x(t)$ 、 $y(t)$ 两个函数式。为了更清楚地表示位置矢量与其分量间的关系,还可写成

$$\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} \quad (1-1b)$$

$\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 分别为沿 X 轴、 Y 轴的单位矢量。

当质点仅沿 X 轴作直线运动时,有

$$\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i}$$

通常用标量来表示

$$x = x(t)$$

当 $x > 0$ 时,质点在原点的右方;当 $x < 0$ 时,质点在原点的左方。

质点在一平面内运动时,也常用轨道方程来描述。质点运动时所经过的路径叫做轨道。从其运动方程 $x = x(t)$ 和 $y = y(t)$ 中消去时间参数 t ,就可得到

$$f(x, y) = 0$$

这就是质点平面运动的轨道方程。

四、位移

一质点在平面内沿一条曲线运动,如图 1-2 所示。时刻 t , 位于 A 点,经时间 Δt 后已到达 B 点。它在 A 、 B 两点的位置矢量分别是 $\mathbf{r}_A$ 和 $\mathbf{r}_B$ 。质点的时间

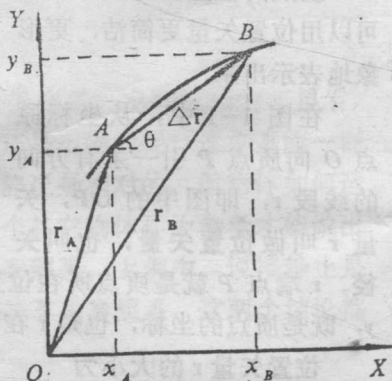


图 1-2

Δt 内的位置变化，可以用从 A 到 B 的有向线段 AB 来表示。这条由起点到终点的有向线段，叫做质点(在时间 Δt 内)的位移，用 $\Delta \mathbf{r}$ 表示。

从图 1-2 可以看出，位移 $\Delta \mathbf{r}$ 与位置矢量 $\mathbf{r}_A$ 和 $\mathbf{r}_B$ 的关系为

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \quad (1-2a)$$

即质点在 Δt 内的位移 $\Delta \mathbf{r}$ 等于 $\mathbf{r}_B$ 和 $\mathbf{r}_A$ 的矢量差，或为时间 Δt 内位置矢量 $\mathbf{r}$ 的增量。

由式(1-1b)可知

$$\mathbf{r}_A = x_A \mathbf{i} + y_A \mathbf{j}$$

$\Delta \mathbf{r}$

$$\mathbf{r}_B = x_B \mathbf{i} + y_B \mathbf{j}$$

于是， $\Delta \mathbf{r}$ 也可写成

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{r} &= \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A = (x_B - x_A) \mathbf{i} + (y_B - y_A) \mathbf{j} \\ &= \Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j} \end{aligned} \quad (1-2b)$$

$\Delta \mathbf{r}$ 的大小为

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$$

$\Delta \mathbf{r}$ 的方向可用 $\Delta \mathbf{r}$ 与 X 轴的夹角 θ 来表示，有

$$\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

当质点沿某一坐标轴，如沿 X 轴作直线运动时，其位移仅用 Δx 即可表示。 Δx 的数值表示位移的大小， Δx 的符号表示位移的方向。当 $\Delta x > 0$ 时，位移沿 X 轴正方向；当 $\Delta x < 0$ 时，位移则沿 X 轴负方向。

还需指出，位移反映了质点在 Δt 时间内运动的实际结果，它仅决定于质点运动的起点和终点的位置，而与实际运动的路径无关。由于路程是质点所通过实际路径(轨迹)的长度，因而位移的大小并不等于质点所走路程 Δs 的长度。如质点沿一闭合圆周运动一周回到起点，其位移为零，而路程则为圆的周长。

即使在直线运动中，也只有质点在直线上直进的情况下，位移的大小才等于路程。一般情况下，仅当时间 $\Delta t \rightarrow 0$ 时，才能说路程 Δs 和位移 Δr 的大小相等，即 $\Delta s = |\Delta r|$ 。

位置矢量和位移的常用单位有米(m)、千米(km)和厘米(cm)。

第二节 速度、加速度

一、速度

要描述质点的运动，就必须同时说明它运动的快慢和运动的方向。为此，我们引进速度的概念。

如图 1-3，质点在时刻 t 位于 A 点，经过时间 Δt 后，它已沿着曲线 $\widehat{AB}$ 到达 B 点，在这段时间内路程为 Δs ，位移为 Δr 。我们把位移 Δr 与时间 Δt 的比值，叫做质点在时间 Δt 内的平均速度。用 $\bar{v}$ 表示

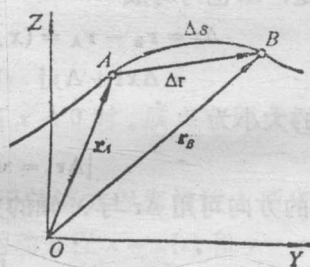


图 1-3

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

平均速度是矢量。其大小与相应时间内平均每单位时间内位移的大小相等，其方向与位移的方向相同，在图 1-3 中它沿着割线 AB 的方向。

一般情况下，质点在时间 Δt (或位移 Δr) 内的不同阶段，运动的快慢和方向都是变化的，平均速度与所取的时间间隔有